



Validation par la mesure des performances d'algorithmes SIMO appliqués aux récepteurs multi-standards

Pierre-François Morlat, Xavier Gallon, Guillaume Villemaud, Jean-Marie Gorce

Laboratoire CITI - INSA Lyon, 21 avenue Jean Capelle, 69621 Lyon

pierre-francois.morlat@insa-lyon.fr

Résumé

Les traitements d'antennes SIMO consistant à utiliser plusieurs antennes réceptrices au lieu d'une seule et d'utiliser différents algorithmes pour recombinaison de manière optimale les différentes versions du signal émis sont utilisés depuis de nombreuses années dans le domaine des communications radio. Mais un même algorithme SIMO n'est pas forcément aussi optimal pour deux standards de communications ou pour deux environnements de fonctionnement distincts en termes de complexité et de performances. Dans l'optique de développement de terminaux à SDR (Software Defined Radio), nous présentons ici une comparaison des performances de traitements SIMO classiques appliqués aux transmissions 802.11g et 802.11b dans différents environnements de propagation en simulation et en mesure.

I. Introduction

Actuellement, pour améliorer la qualité des liaisons radio, les traitements SIMO (Single Input Multiple Output) permettant de combiner plusieurs versions du même signal émis sont des techniques très populaires. Avec l'apparition du concept de Software Defined Radio (SDR) [1], des structures de terminaux capables de fonctionner suivant plusieurs modes de transmissions en fonction de l'environnement sont très prometteuses. Actuellement des articles présentent la conception de récepteur à SDR [2], et il semble intéressant d'ajouter au concept de SDR les capacités de traitement d'antennes SIMO. Pour que cette étude soit complète, il est important de confronter les résultats obtenus en simulation et ceux obtenus par la mesure. Nous présentons dans une première partie la plateforme de tests et de mesures utilisée pour la validation des résultats, puis dans une seconde partie, les algorithmes SIMO étudiés et la comparaison entre leurs performances simulées et mesurées dans la dernière partie de cet article.

II. Description de la plateforme Agilent

Dans le cadre du développement de terminaux à SDR, l'utilisation de plateformes de test permettant de tester et de valider rapidement en simulation mais aussi en mesure les performances de n'importe quelle fonction numérique ou analogique du récepteur paraît tout à fait judicieuse. Nous avons donc développé une plateforme de test à partir des outils d'Agilent Technologies [3][4]. La figure 1 représente la plateforme utilisée en configuration SISO.

Cette plateforme est constituée d'un générateur d'onde arbitraire ESG 4438 C et d'un analyseur de spectre vectoriel VSA 89621 à deux entrées RF. Ces équipements peuvent fonctionner à une fréquence maximale de 6 GHz, permettent une bande d'analyser de 36 MHz et peuvent être utilisés dans une configuration MIMO 2x2. Ainsi, il est possible d'étudier tous systèmes multi-antennaires intervenant à n'importe quel étage de la transmission (RF, fréquence intermédiaire ou bande de base). Ces équipements sont reliés au logiciel ADS grâce auquel nous pouvons construire tous types de signaux complexes, les transmettre, puis les démoduler, en particulier des signaux 802.11g ou 802.11b dont les propriétés (fréquence RF de 2.4 GHz et largeur de bande de 20 MHz) correspondent aux capacités de nos équipements.

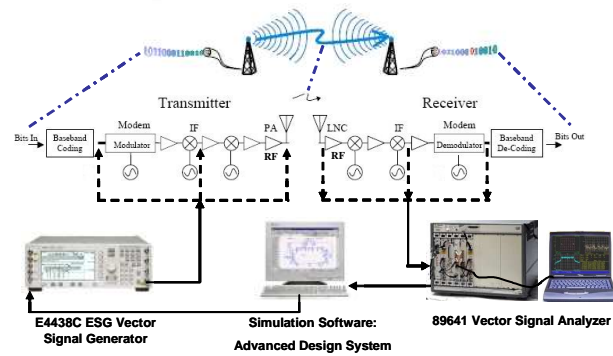


Figure 1 - Plateforme Agilent Technologies de mesure utilisée

III. Traitements SIMO utilisés

Les structures SIMO développées sont appliquées aux standards 802.11b et 802.11g qui permettent d'obtenir des débits importants. En fonction de l'environnement et du standard, tous les traitements SIMO n'entraînent pas la même hausse de performances. Dans notre cas, quelque soit le standard et le type de diversité considérés, les pondérations sont calculées pour minimiser le critère d'erreur quadratique moyenne entre le signal recombinaison et le signal de référence constitué du champ « PLCP preamble » des trames 802.11b ou du premier symbole du champ « long preamble » des trames 802.11g [5]. Des chaînes de simulation de récepteur 802.11b et 802.11g à 4 voies ont été développées sous ADS. Le tableau 1 résume les algorithmes utilisés en fonction de l'environnement et des standards de communication.

	802.11b	802.11g
Diversité spatiale	SMI - MMSE	SMI - MMSE
Diversité temporelle	RAKE - 2D	x
Diversité fréquentielle	x	SF - MMSE

Tableau 1 - Traitements SIMO utilisés

Les trames 802.11b étant construites par étalement de spectre, les techniques basées sur l'utilisation de la diversité temporelle nous ont semblé judicieuses. D'autre part, la construction des trames 802.11g basée sur le principe de modulation OFDM nous encourage à profiter de la diversité fréquentielle. Dans le cas d'un traitement SMI, seules des pondérations spatiales sont appliquées. Le traitement Rake 2D correspond à une égalisation temporelle sur chaque voie avant recombinaison optimale des 4 signaux reçus. Enfin, le traitement SF-MMSE permet d'appliquer des pondérations différentes sur chaque voie mais identiques pour les mêmes groupes de sous-porteuses OFDM.

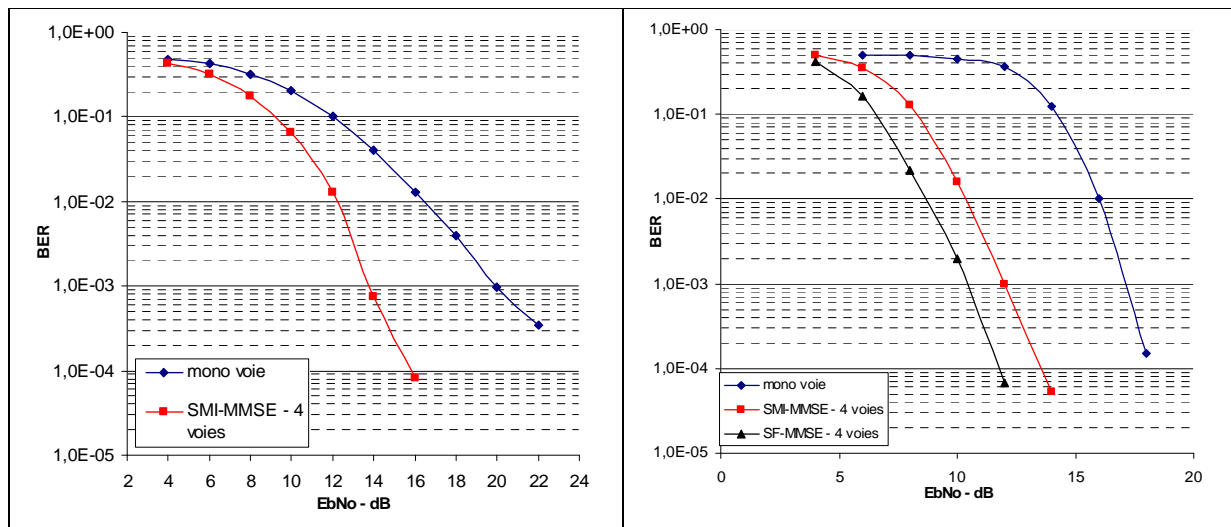


Figure 2 - Performances des traitements SIMO en simulation - transmission 802.11b (gauche) 802.11g (droite)

La figure 2 présente les performances simulées obtenues dans le cas d'une transmission 802.11b à 11 Mbps et 802.11g à 36 Mbps à travers le canal de propagation ETSI A ($\tau_{rms} = 50$ ns, étalement temporel de 300 ns) grâce au traitement de diversité spatiale SMI-MMSE pour chaque standard, et grâce au traitement SF-MMSE (en groupant les fréquences par 4) dans le cas de la transmission 802.11g

IV. Comparaison simulation-mesure

Les systèmes ADS développés permettent de simuler différents types de canaux de propagation relatifs à une transmission à 2.4 GHz proposés par le modèle ETSI [6]. Ces canaux sont tous très dispersifs, présentent de nombreux échos et un étalement temporel relativement important. Ils introduisent donc un facteur de diversité très important. De plus, au cours des simulations nous ne pouvons pas introduire les phénomènes de corrélation de voie, ni de couplage entre antenne, ce qui entraîne une sur-évaluation de l'augmentation des performances obtenues grâce aux traitements SIMO. C'est pourquoi une évaluation dans un contexte de fonctionnement le plus réel possible (couplage d'antenne, corrélation de canal, canal de propagation plus ou moins dispersif) semble nécessaire.

Des mesures préliminaires ont été réalisées grâce à la plateforme radio au sein du laboratoire pour caractériser le canal de propagation qui était à notre disposition. Il a été conclu que dans la majorité des pièces, nous disposons d'un canal à étalement temporel beaucoup plus faible que ceux proposés par l'ETSI. Deux environnements de test ont été utilisés : une configuration de transmission proche de l'AWGN, et une configuration de transmission à faible étalement temporel ($\tau_{rms} = 48$ ns, étalement temporel de 80 ns, bande de cohérence de 5.8 MHz).

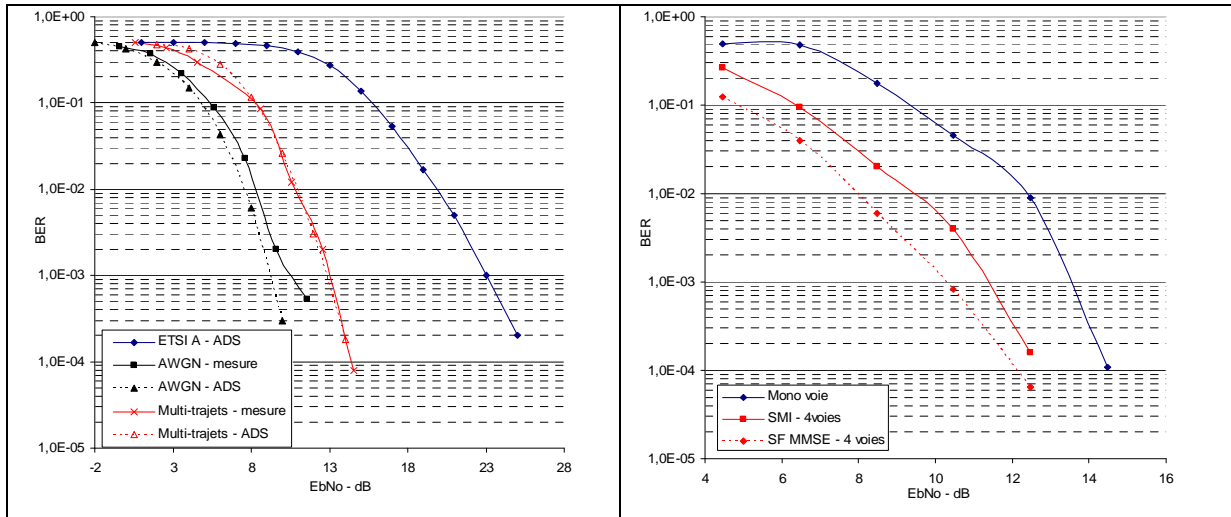


Figure 3 - Résultats de BER vs. EbNo - 802.11b mono antenne (gauche) - 802.11g 4 antennes (droite)

Les systèmes SIMO étudiés sont constitués de 4 antennes, nos équipements ne possédant que 2 voies RF, il faut à chaque fois 2 séries d'enregistrement pour disposer de 4 versions du signal émis. La figure 3 permet d'observer les résultats obtenus. Ces résultats ont été obtenus en simulant une transmission 802.11b à 11 Mbps et une transmission 802.11g à 36 Mbps. Les calculs de BER se font sur 10 000 trames de 100 octets chacune. Les 4 voies sont enregistrées l'une après l'autre, nous n'introduisons donc pas les phénomènes de couplage et de corrélation spatiale.

Une première étape de validation correspond à l'étude de performances des structures de réception mono-antenne développées sous ADS pour différents canaux de propagation. On constate le très faible écart entre les performances simulées et mesurées en environnement AWGN (< 1 dB) et la correspondance des résultats en environnement multi-trajets pour une transmission 802.11b. Par contre cette figure permet de mettre en évidence que le canal multi-trajets utilisé pour les mesures est bien moins sélectif que le canal ETSI A représentatif d'un milieu indoor dense, et offre donc peu de diversité.

La deuxième figure présente l'amélioration des performances obtenues grâce aux traitements SMI et SF-MMSE appliquées au récepteur 802.11g. Un gain de diversité spatiale de 3 dB est obtenu, alors que la diversité spatio-fréquentielle permet d'atteindre un gain de 4 dB. Ces valeurs sont en dessous des valeurs théoriquement atteignables (cf. figure 2), mais elles sont dues à la très faible sélectivité du canal.

V. Conclusion

Dans le cadre d'un développement d'un récepteur à SDR utilisant une structure multi-antennes, il serait intéressant de disposer de plusieurs algorithmes de traitement SIMO pour s'adapter au mieux à l'environnement. Cet article présente donc la validation par la mesure des performances des algorithmes envisagés et permet de mettre en évidence l'évolution du gain de diversité dans des conditions de fonctionnement réel. En effet, les différents canaux de propagation dont nous disposons au sein de notre laboratoire sont beaucoup moins dispersifs que les modèles de canaux ETSI utilisés en simulation. D'autres travaux permettant de tester les structures dans des environnements plus sélectifs devront être réalisés. D'autres études tenant compte des phénomènes de corrélation spatiale et de couplage entre antennes seront également effectuées. Enfin des validations MIMO sont envisagées.

- [1] J. Mitola, «*The Software radio architecture*», IEEE Communication Magazine, mai 95
- [2] X. Xu, R. Bosisio, K Wu, «*Analysis and Implementation of software defined radio receiver platform* », APMC Suzhou, dec. 05
- [3] http://eesof.tm.agilent.com/products/ads_main.html
- [4] P.F. Morlat, H. Parvery, G. Villemaud, J. Verdier, J.M. Gorce, «*Global System Evaluation Scheme for Multiple Antennas Adaptive Receivers* », European Conference on Wireless Technology, Manchester, sept. 06.
- [5] P.F. Morlat, P. Mary, G. Villemaud, J.M. Gorce, M. Arndt, «*Performance Validation of a Multi-Standard and Multi-Antenna Receiver*», European Conference on Antennas and Propagation, Nice, nov. 06.
- [6] Channel Models for HIPERLAN/2 in different indoor Scenarios. *ETSI EP BRAN 3ER1085B*, March 1998.